第３講　理論化学＋無機化学③

1　次のⅠ，Ⅱの各問に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

元　素	H	C	N	O	Na	S
原子量	1.0	12.0	14.0	16.0	23.0	32.1

気体定数　$R = 8.3 \times 10^3 \mathrm{Pa \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}}$

Ⅰ　次の文章を読み，問ア～エに答えよ。

イオン化合物の水への溶解度は，温度によって変化する。溶解度は，水100gに溶ける無水物の質量[g]で表される。溶解度と温度の関係を表した曲線は溶解度曲線とよばれる。図１は，化合物A，化合物B，硫酸ナトリウム(Na_2SO_4)の溶解度曲線である。化合物A，Bの溶解度は，温度上昇とともに単調に増加する。一方，硫酸ナトリウムの溶解度は，32.4℃より低温では温度上昇とともに単調に増加するが，それより高温では単調に減少する。32.4℃より低温において水溶液を濃縮すると十水和物($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$)が析出し，32.4℃より高温では，水溶液を濃縮すると無水物(Na_2SO_4)が析出する。

化合物Aのように，溶解度が大きく，かつその温度変化が大きな化合物では，①溶解度の温度変化を利用して不純物を取り除き分離することができる。例えば，化合物A70gと化合物B15gの混合物から化合物Aを分離する場合について，各化合物の溶解度曲線は混合物の場合でも変わらないとして考えてみる。80℃の水100gに混合物を完全に溶かし，加熱して水を蒸発させ水溶液の質量を135gにした後，30℃に冷却する。この操作で，化合物Aのみが［　a　］g析出することになる。析出した固体をろ過し，水で固体を洗えば高純度の化合物Aを得ることができる。

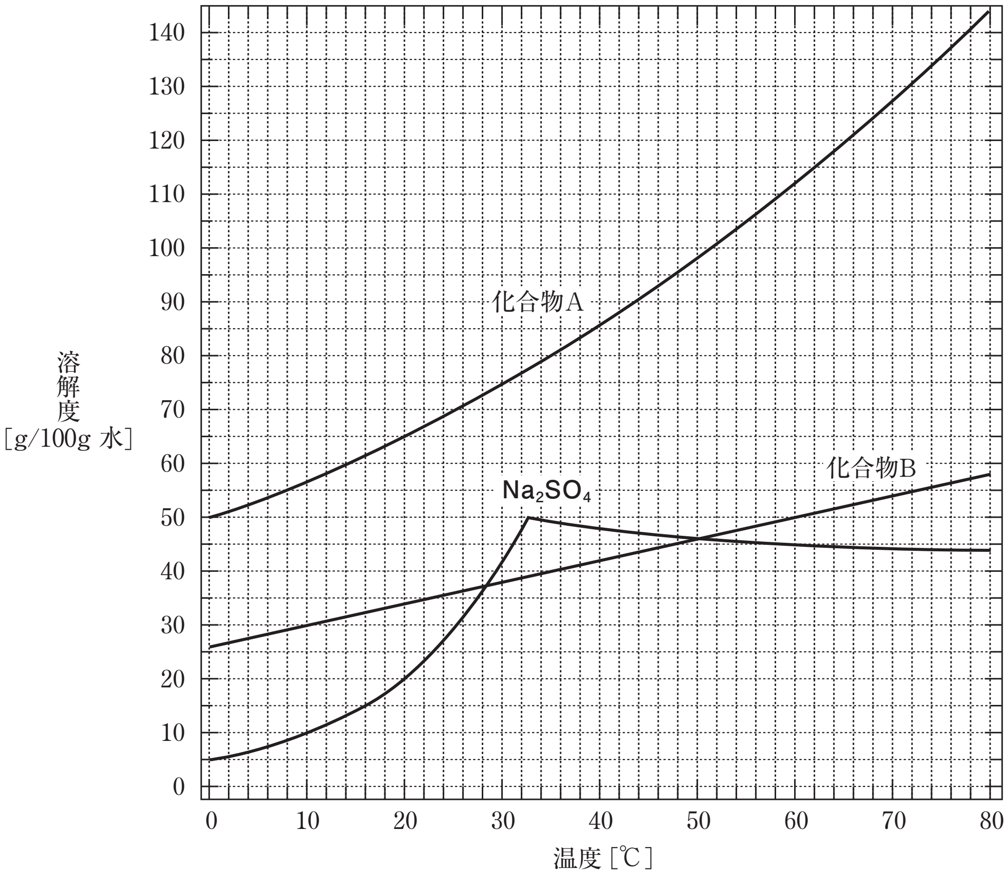

図１　イオン化合物の溶解度曲線

〔問〕

ア　下線部①の操作は何とよばれるか，名称を記せ。

イ　空欄 [a] の値を有効数字2桁で答えよ。また，純粋な化合物Aを最大量取り出すには，何℃まで冷却すればよいか答えよ。

ウ　硫酸ナトリウム十水和物に水を加えて水溶液Xを作った。この水溶液Xについて以下のことが分かっている。

(1)　水溶液Xの温度を60℃に保って，さらに無水物を10g溶かすとちょうど飽和に達し，それ以上溶けない。

(2)　水溶液Xを20℃に冷却すると32.2gの十水和物が析出する。

水溶液Xを作る際に用いた十水和物と水の量はそれぞれ何gか，有効数字2桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。

エ　32.4℃より高温における硫酸ナトリウムの無水物の溶解反応は，吸熱反応か発熱反応のいずれか答えよ。またその理由を溶解度曲線の傾きをふまえて簡潔に述べよ。

Ⅱ　次の文章を読み，問**オ**〜**ク**に答えよ。

気液平衡の状態にある液体の飽和蒸気圧は，温度の上昇とともに急激に増大する。図2は，ヘキサン(C_6H_{14})と水(H_2O)の蒸気圧曲線である。②一定の温度では，水よりもヘキサンの方が飽和蒸気圧は高く，一定の圧力では，水の方が沸点は高いことを示している。

ヘキサン 0.10 mol，水蒸気 0.10 mol，窒素 0.031 mol からなる 100℃の混合気体を考える。体積と容器内の温度が可変であるピストンを備えた装置にこの混合気体を注入し，その圧力が 1.0×10^5 Pa で常に一定となるように保ちながら，以下の冷却操作１〜３を行った。ただし，液体のヘキサンと水は混ざり合わないものとし，窒素はこれらの液体には溶けないものとする。また，気体はすべて理想気体として扱えるものとする。

操作１：混合気体を温度 100℃から徐々に冷却していくと，体積が減少し，③ある温度で水滴が生じ始めた。

操作２：さらに冷却していくと，④55℃においてヘキサンも凝縮し始めた。

操作３：さらに冷却していくと，水とヘキサンの２種類の液体が徐々に増加した。

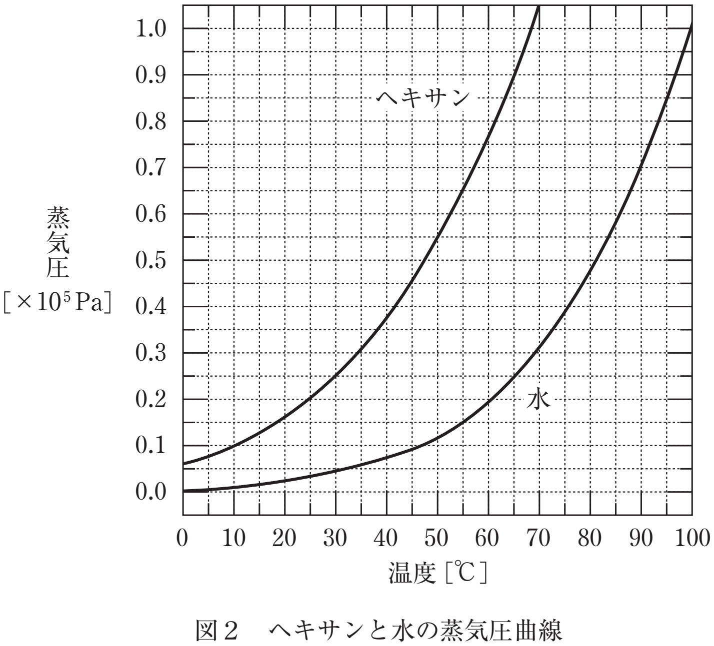

図２　ヘキサンと水の蒸気圧曲線

〔問〕

オ　下線部②に関して，水の分子量はヘキサンより小さいにもかかわらず，水の沸点はヘキサンより高い。その理由を 60 字以内で述べよ。

カ　下線部③に関して，水滴が生じ始める温度は何℃か。

キ　下線部④に関して，このときに水蒸気として存在する水の量は何 mol か。有効数字２桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。

ク　冷却操作１～３を行った時の，ヘキサンの分圧の変化を示す線の模式図として最も適当なものを，以下の図３に示す⑴～⑹のうちから一つ選べ。また，そのような変化を示す理由も 150 字程度で述べよ。

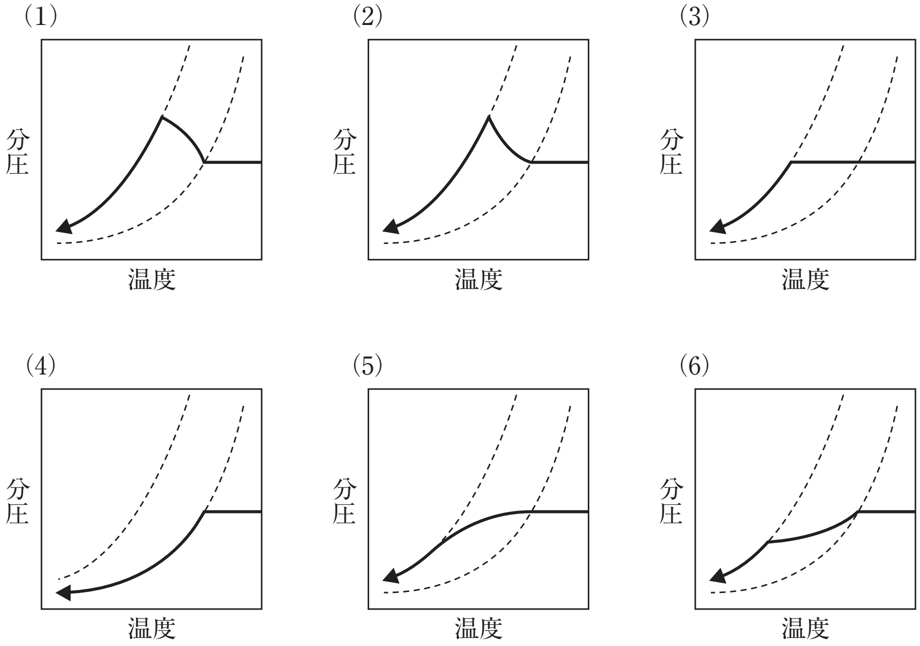

図３　ヘキサンの分圧変化の模式図

破線は，図２に示したヘキサンおよび水の蒸気圧曲線を示す。

＜ Note ＞

第３講　解答

Ⅰ　**ア**　再結晶

イ　a：33　　温度：10℃

ウ　硫酸ナトリウム十水和物：61 g　　水：48 g　(過程は講義)

エ　発熱反応　(理由は講義)

Ⅱ　**オ**　ヘキサンの分子間には，結合力の弱いファンデルワールス力のみが働くが，水は分子間に結合力の強い水素結合を形成しているため。

カ　78℃（77℃でも可）

キ　2.3×10^{-2} mol　(過程は講義)

ク　(1)　(理由は講義)